

Procedure for running of internal combustion engine with direct fuel injection entails calculating opening duration of injection valve in consideration of typical periodic pulse pattern of accumulator pressure for fuel metering system

Patent number: FR2808051
Publication date: 2001-10-26
Inventor: WOLBER JENS; AMLER MARKUS; FRENZ THOMAS; JOOS KLAUS;
BOCHUM HANSJOERG
Applicant: BOSCH GMBH ROBERT (DE)
Classification:
- **international:** F02D41/38; F02D41/40; F02M63/02
- **european:** F02D41/38C, F02D41/40
Application number: FR20010004961 20010411
Priority number(s): DE20001018050 20000412

Abstract not available for FR2808051

Abstract of correspondent: **DE10018050**

The procedure for the running of an internal combustion engine with direct fuel injection in which fuel is fed by a pump(3) to a pressure accumulator(8) entails calculating the opening duration of the injection valve(10) in consideration of a typical periodic pulse pattern of the accumulator pressure for the fuel metering system. The accumulator pressure is measured before the injection and the measured pressure is corrected in consideration of the pulse pattern of the accumulator pressure. An Independent claim is included for a control element, and especially a read-only-memory or flash-memory, for a control unit to carry out the proposed procedure.

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

①1 N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

2 808 051

②1 N° d'enregistrement national : 01 04961

⑤1 Int Cl⁷ : F 02 D 41/38, F 02 D 41/40, F 02 M 63/02

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 11.04.01.

③0 Priorité : 12.04.00 DE 10018050.

④3 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 26.10.01 Bulletin 01/43.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : Ce dernier n'a pas été
établi à la date de publication de la demande.

⑥0 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

⑦1 Demandeur(s) : ROBERT BOSCH GMBH Gesellschaft
mit beschränkter Haftung — DE.

⑦2 Inventeur(s) : JOOS KLAUS, WOLBER JENS,
FRENZ THOMAS, AMLER MARKUS et BOCHUM
HANSJOERG.

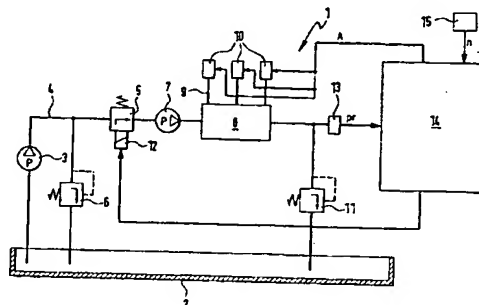
⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire(s) : CABINET HERRBURGER.

⑤4 PROCÉDE DE MISE EN OEUVRE D'UN MOTEUR THERMIQUE, MOTEUR THERMIQUE APPLIQUANT LE
PROCÉDE ET MOYEN DE MISE EN OEUVRE DU PROCÉDE.

⑤7 Procédé de mise en oeuvre d'un moteur thermique,
notamment à injection directe, selon lequel le carburant est
débité par au moins une pompe (3, 7) dans un accumulateur
de pression (8) d'où le carburant est extrait pour être injecté
par un injecteur (10) dans une chambre de combustion, la
durée d'ouverture (t_i) de l'injecteur (10) étant calculée en
fonction de la pression de stockage (p_r) régnant dans l'ac-
cumulateur de pression (8).

On calcule la durée d'ouverture (t_i) en tenant compte
d'un modèle de pulsation périodique caractéristique du sys-
tème de dosage de carburant (1) pour la pression de stock-
age (p_r).



FR 2 808 051 - A1



Etat de la technique.

La présente invention concerne un procédé de mise en œuvre d'un moteur thermique, notamment à injection directe, selon lequel le carburant est débité par au moins une pompe dans un accumulateur de pression d'où le carburant est extrait pour être injecté par un injecteur dans une chambre de combustion, la durée d'ouverture de l'injecteur étant calculée en fonction de la pression de stockage régnant dans l'accumulateur de pression.

L'invention concerne également un moteur thermique, notamment à injection directe, comprenant :

- un accumulateur de pression,
- au moins une pompe pour débiter du carburant dans l'accumulateur de pression,
- une chambre de combustion,
- un injecteur pour injecter le carburant de l'accumulateur de pression dans la chambre de combustion, et
- un appareil de commande pour calculer la durée d'ouverture de l'injecteur en fonction de la pression de stockage régnant dans l'accumulateur de pression.

Enfin, l'invention concerne un appareil de commande pour un tel moteur thermique.

On connaît un procédé et un moteur thermique du type défini ci-dessus selon le document DE 195 48 278. Ce document décrit un procédé de régulation de la pression d'accumulation dans un accumulateur de pression d'un système d'injection à rampe commune. Dans un tel système à rampe commune, la durée d'ouverture des injecteurs est calculée en fonction de la quantité de carburant à injecter et de la pression régnant dans l'accumulateur de pression. La pression d'accumulation se détecte en synchronisme avec la vitesse de rotation. La pression régnant dans l'accumulateur de pression doit être intégrée dans le calcul de la durée d'ouverture car le débit à travers les injecteurs dépend de la pression.

La régulation de pression se fait suivant une trame de temps fixe. Pour cette régulation de pression on détecte en synchronisme la pression d'accumulation.

Selon le procédé connu de l'état de la technique pour la mise en œuvre d'un moteur thermique, l'inconvénient est que la durée d'ouverture des injecteurs n'est pas calculée en fonction d'une pression d'accumulation régnant à l'instant de l'injection dans l'accumulateur de

pression mais en fonction des valeurs de pression mesurées avant l'injection. En mode stationnaire, lorsque les variations de la pression d'accumulation sont faibles en fonction du temps, l'ancienneté de la valeur de pression mesurée est sans grand effet sur la durée d'ouverture calculée des injecteurs. Dans le cas d'une évolution dynamique de la pression d'accumulation, on ne peut utiliser des différences relativement importantes entre les valeurs de pression mesurées avant l'injection pour calculer la durée d'ouverture et la valeur effective de la pression régnant pendant l'injection dans l'accumulateur de pression. Dans le cas d'une montée dynamique en pression, la pression d'accumulation pendant l'injection est plus élevée que la pression mesurée préalablement. Il en résulte que le débit à travers les injecteurs et finalement également la masse de carburant à injecter dans les chambres de combustion est effectivement plus grande que celle calculée ; le moteur à combustion interne a ainsi tendance à passer à un mélange trop riche. De façon correspondante, en cas de chute de pression dynamique, le moteur à combustion interne travaille en mode trop maigre.

C'est pourquoi il est également connu selon le document DE 198 57 971, publié postérieurement, de calculer la durée d'ouverture des injecteurs non à l'aide des valeurs de pression mesurées avant l'injection mais de partir d'au moins deux valeurs de pression mesurées pour déterminer une valeur de pression future ; plus précisément, on extrapole une valeur de pression pour l'instant du début de l'injection et on utilise cette valeur de pression extrapolée pour calculer la durée d'ouverture des injecteurs.

En particulier, selon le procédé connu de l'état de la technique, on ne tient pas compte de l'influence de la régulation de pression dans l'accumulateur de pression. L'influence de la régulation de pression sur la pression d'accumulation (p_r) effective est explicitée à la figure 4. La courbe de pression d'accumulation effective (p_r) oscille plus ou moins fortement autour de la pression de consigne (p_{cons}) supposée comme constante à la figure 4. Pendant la mesure de trois valeurs de pression successives (trois croix sur la courbe de la pression d'accumulation p_r à la figure 4), la pression augmente en continu jusqu'à ce que la régulation reconnaisse le dépassement de la valeur de consigne (p_{cons}) et assure une régulation dans la direction opposée. Du fait de l'action de régulation, la pression d'accumulation ($p_{réel}$) régnant effectivement dans l'accumulateur de pression à l'instant du début de l'injection (t_{esb}), de-

vient significativement plus petite que la pression (p_{extra}) obtenue par extrapolation selon le procédé connu. Dans le calcul de la durée d'ouverture, l'appareil de commande utiliserait de manière erronée une pression d'accumulation trop élevée.

5 De plus, dans le procédé connu, les pulsations périodiques de pression dans l'accumulateur de pression ne sont pas prises en compte. Le modèle de pulsation (figure 5) dépend de la coopération des différents composants dans le système de dosage de carburant utilisé, en particulier de la pompe à haute pression. Le débit (F) de carburant dans
10 l'accumulateur de pression par la pompe à haute pression fait augmenter la pression d'accumulation. Lors d'une injection (E) de carburant dans l'une des chambres de combustion du moteur à combustion interne, la pression d'accumulation diminue. Si pendant la mesure de trois valeurs de pression (trois croix sur la courbe de la pression d'accumulation (p_r) à
15 la figure 4) la pompe débite, c'est-à-dire si la pression d'accumulation (p_r) augmente, la pression d'accumulation ($p_{réel}$) qui règne effectivement dans l'accumulateur de pression à l'instant du début de l'injection (t_{esb}) sera significativement inférieure à la valeur de la pression (p_{extra}) obtenue par extrapolation selon le procédé connu. Dans ce cas également,
20 l'appareil de commande partirait d'une pression d'accumulation trop élevée, et ferait un calcul erroné de la durée d'ouverture.

Problèmes de l'invention.

La présente invention a pour but dans le cas d'un moteur thermique, de réduire les erreurs de la masse de carburant à injecter dans
25 les chambres de combustion pour améliorer ainsi la consommation de carburant, la qualité de l'émission des gaz d'échappement et le bruit développé par le moteur thermique.

A cet effet, partant du procédé connu, la présente invention concerne un procédé caractérisé en ce qu'on calcule la durée d'ouverture
30 en tenant compte d'un modèle de pulsation périodique caractéristique du système de dosage de carburant pour la pression de stockage.

La qualité du modèle de pulsation dépend des pompes utilisées dans le système de dosage de carburant du moteur thermique (il s'agit usuellement d'une pompe haute pression), qui fournit le carburant
35 de la plage basse pression à l'accumulateur de pression en mettant le carburant à une pression élevée. On connaît notamment des pompes à haute pression à un ou trois cylindres ; la position et l'alignement des différents cylindres dans le cas d'une pompe à haute pression à trois cylindres peut

être variable. De plus, la qualité dépend du nombre de courses de la pompe à haute pression par rotation de l'arbre à cames (plus il y a de courses et plus le débit de la pompe haute pression sera fréquent). Enfin, la qualité dépend du nombre d'injecteurs ou de cylindres du moteur à combustion interne (plus il y a d'injecteurs et plus fréquentes seront les injections).

La valeur du modèle de pulsation dépend du volume de l'accumulateur de pression y compris de toutes les conduites d'entrée et de sortie qui se trouvent à haute pression. De plus, cette valeur dépend de la masse de carburant à injecter dans la chambre de combustion. Une pompe à haute pression à un cylindre comporte usuellement une électrovanne quantitative pour réguler la quantité de carburant débitée par la pompe à haute pression et ainsi la pression d'accumulation. Dans le cas d'une pompe à haute pression à trois cylindres, il est prévu une soupape de commande de pression dans l'accumulateur de pression qui permet au carburant de l'accumulateur de pression de sortir de l'accumulateur de pression pour revenir dans le réservoir de carburant pour réduire la pression dans l'accumulateur de pression. La qualité du modèle de pulsation dépend finalement également du débit volumique à travers la soupape de commande de pression.

On connaît usuellement le modèle de pulsation pour chaque système de dosage de carburant. Si ce modèle n'est pas connu, on peut l'obtenir de manière simple en mesurant la courbe de pression d'accumulation pendant le fonctionnement du moteur à combustion interne. A l'aide du modèle de pulsation, on peut se rapprocher d'une manière particulièrement précise de la pression d'accumulation régnant effectivement dans l'accumulateur de pression à l'instant de l'injection, de préférence à l'instant du début de l'injection. Le procédé selon l'invention permet de calculer d'une manière très précise la durée d'ouverture des injecteurs, ce qui conduit de nouveau à une amélioration significative du comportement d'émission des gaz d'échappement, de la réduction du bruit et de la consommation de carburant du moteur thermique.

Selon un développement avantageux de l'invention, on mesure la pression d'accumulation avant l'injection et on corrige cette pression mesurée en tenant compte du modèle de pulsation de la pression d'accumulation. Cette pression d'accumulation mesurée correspond sensiblement à la pression moyenne régnant dans l'accumulateur de pression.

Pour corriger la pression d'accumulation mesurée en tenant compte du modèle de pulsation, il est important de savoir quand exactement se produira l'injection. C'est pourquoi, selon un mode de réalisation préférentiel de l'invention, on corrige la pression d'accumulation mesurée
 5 suivant que l'injection du carburant dans la chambre de combustion est la première injection après le débit d'au moins une pompe, la seconde ou toute autre injection ultérieure après un débit d'au moins une pompe, ou encore pendant un débit d'au moins une pompe. Cette pompe est de préférence une pompe à haute pression du système de dosage de carburant.

10 Si l'injection du carburant dans la chambre de combustion est la première injection après le débit d'au moins une pompe,
 - à partir de l'équation

$$m_r = \frac{\epsilon_{kr} \cdot \rho_{kr} \cdot V_r}{\epsilon_{kr} + p_0 - p_r}$$

15

on détermine la masse de carburant (m_r) contenue dans l'accumulateur de pression (8), ϵ_{kr} représentant le module de compression du carburant à injecter, ρ_{kr} la densité du carburant, V_r le volume de l'accumulateur de pression (8) et p_0 la pression ambiante,

20 - on détermine une valeur supérieure de la pression de stockage à l'aide de l'équation de compression

$$p_{haut}(m) = p_0 + \epsilon_{kr} \cdot \left(1 - \rho_{kr} \cdot \frac{V_r}{m}\right)$$

25 pour $m = m_r + m_{ES}$, relation dans laquelle m_{ES} est la masse de carburant à injecter dans la chambre de combustion et

- à l'aide de l'équation

$$p_{r_{corr}} = p_r + \frac{p_{haut} - p_r}{2}$$

30 on détermine une valeur corrigée de la pression de stockage.

Si l'injection de carburant dans la chambre de combustion est la seconde ou toute autre injection après un débit d'au moins une pompe,

- à partir de l'équation :

35

$$m_r = \frac{\varepsilon_{Kr} \cdot \rho_{Kr} \cdot V_r}{\varepsilon_{Kr} + p_0 - p_r}$$

on détermine la masse de carburant (m_r) contenue dans l'accumulateur de pression (8), ε_{Kr} représentant le module de compression du carburant à injecter, ρ_{Kr} la densité du carburant, V_r le volume de l'accumulateur de pression (8) et p_0 la pression ambiante, on détermine une valeur inférieure de la pression de stockage à l'aide de l'équation de compression

$$p_{bas}(m) = p_0 + \varepsilon_{Kr} \cdot \left(1 - \rho_{Kr} \cdot \frac{V_r}{m}\right)$$

pour $m = m_r - m_{ES}$ dans laquelle m_{ES} est la masse de carburant à injecter dans la chambre de combustion et
 - à l'aide de l'équation :

$$p_{r_{corr}} = p_r + \frac{p_{bas} - p_r}{2}$$

on détermine une valeur corrigée de la pression de stockage.
 Enfin, si l'injection du carburant dans la chambre de combustion se fait pendant un débit d'au moins une pompe,
 - à partir de l'équation

$$m_r = \frac{\varepsilon_{Kr} \cdot \rho_{Kr} \cdot V_r}{\varepsilon_{Kr} + p_0 - p_r}$$

on détermine la masse de carburant contenue dans l'accumulateur de pression, ε_{Kp} représentant le module de compression du carburant à injecter, ρ_{Kr} la densité du carburant, V_r le volume de l'accumulateur de pression et p_0 la pression ambiante,
 - on détermine une valeur supérieure de la pression de stockage à l'aide de l'équation de compression

$$p_{haut}(m) = p_0 + \varepsilon_{Kr} \cdot \left(1 - \rho_{Kr} \cdot \frac{V_r}{m}\right)$$

- pour $m = m_r + m_{ES}$, relation dans laquelle m_{ES} est la masse de carburant à injecter dans la chambre de combustion et
- à l'aide de l'équation

5
$$P_{r_{corr}} = P_r + \frac{P_{haut} - P_r}{4}$$

on détermine une valeur corrigée de la pression de stockage.

Il est particulièrement important de réaliser le procédé selon l'invention sous la forme d'un élément de commande prévu pour un appa-
10 reil de commande d'un moteur thermique, notamment à injection directe. L'élément de commande contient en mémoire un programme qui peut être exécuté par un calculateur, notamment un microprocesseur, pour la mise en œuvre du procédé. Dans ce cas, l'invention est réalisée par un programme mémorisé dans l'élément de commande si bien que cet élément,
15 avec son programme, représente l'invention de la même manière que le procédé exécuté par ce programme. Comme élément de commande on utilise notamment un support de mémoire électronique comme par exemple une mémoire morte (ROM) ou une mémoire flash.

L'invention concerne également un moteur thermique du
20 type défini ci-dessus, caractérisé en ce que l'appareil de commande calcule la durée d'ouverture en tenant compte d'un modèle de pulsation périodique de la pression de stockage, caractéristique du système de dosage de carburant.

Selon un développement avantageux de l'invention,
25 l'accumulateur de pression est un accumulateur de haute pression d'un système d'injection de carburant à rampe commune et l'injecteur est un injecteur à haute pression.

En particulier dans les moteurs à combustion interne à système d'injection à rampe commune, il est avantageux que la durée
30 d'ouverture des injecteurs à haute pression soit calculée pour des variations dynamiques de la pression d'accumulation à l'aide des valeurs de pression corrigées caractérisant la pression d'accumulation pendant l'injection. La pompe du système de dosage de carburant est de préférence une pompe à haute pression à un cylindre.

Enfin, suivant une autre caractéristique de l'invention,
35 partant de l'appareil de commande défini ci-dessus, l'invention est caractérisée en ce que cet appareil de commande calcule la durée d'ouverture

en tenant compte d'un modèle de pulsation périodique caractéristique de la pression d'accumulation pour le système de dosage de carburant.

Dessins.

La présente invention sera décrite ci-après de manière plus détaillée à l'aide d'un exemple de réalisation représenté dans les dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 montre un système de dosage de carburant d'un moteur thermique selon l'invention,
- la figure 2 montre des exemples de chronogrammes de la pression de stockage dans un accumulateur de pression du système de dosage de carburant de la figure 1 pour la description du procédé de l'invention,
- la figure 3 montre un ordinogramme du procédé de l'invention,
- la figure 4 montre, à titre d'exemple, le chronogramme de la pression de stockage dans un accumulateur de pression du système de dosage de carburant de la figure 1 pour décrire un procédé selon l'état de la technique,
- la figure 5 montre un autre chronogramme de la pression de stockage d'un accumulateur de pression du système de dosage de carburant de la figure 1 pour décrire le procédé connu.

La figure 1 montre un système de dosage de carburant d'un moteur thermique comportant une installation d'injection à haute pression portant globalement la référence 1. Le système de dosage de carburant 1 est appelé usuellement système d'injection à rampe commune (CR).

La référence 2 désigne un réservoir de carburant relié à une pompe d'alimentation 3. Le carburant débité par la pompe d'alimentation 3 passe par une conduite 4 pour arriver à une soupape de dosage 5. La conduite 4 est reliée par une soupape de limitation de basse pression 6 au réservoir de carburant 2. La soupape de dosage 5 est reliée par une pompe à haute pression 7 à un accumulateur de haute pression 8. La pompe à haute pression 7 est réalisée sous la forme d'une pompe monocylindre. Les explications ci-dessous peuvent toutefois s'appliquer dans les mêmes conditions à des pompes à trois cylindres ou autres pompes à haute pression. L'accumulateur à haute pression 8 est une conduite d'accumulation à haute pression (rampe). L'accumulateur à haute pression 8 est relié par les conduites de carburant 9 à des injecteurs à haute pression 10. L'accumulateur à haute pression 8 est relié par une soupape de limitation de pression 11 au réservoir de carburant 2. La soupape de dosage 5 est commandée par une bobine électromagnétique 12.

La plage du système de dosage de carburant 1, comprise entre la sortie de la pompe à haute pression 7 et l'entrée de la soupape de limitation de pression 11, est appelée plage haute pression. La pression dans la plage haute pression est détectée à l'aide d'un capteur 13. La
5 plage du système de dosage de carburant 1, comprise entre le réservoir de carburant 2 et la pompe à haute pression 7, est appelée plage ou zone basse pression.

La référence 14 désigne un appareil de commande du moteur thermique qui assure la commande du système de dosage de carburant 1. L'appareil de commande 14 fournit des signaux de commande A
10 aux injecteurs à haute pression 10 ; il commande la bobine 12 de la soupape de dosage 5. Pour cela, on utilise le signal de sortie p_r du capteur de pression 13 ainsi que différents signaux de sortie (n) d'autres capteurs 15 comme par exemple un capteur de vitesse de rotation (capteur de régime).

Le système de dosage de carburant 1 fonctionne de la manière suivante : le carburant est tout d'abord pris du réservoir 2 par la pompe d'alimentation 3. Dès que la pression régnant dans la plage basse pression dépasse une valeur excessive, la soupape de limitation de basse
20 pression 6 s'ouvre et établit la communication entre la sortie de la pompe d'alimentation 3 et le réservoir de carburant 2.

La pompe à haute pression 7 débite le carburant de la plage basse pression vers la plage haute pression. La pompe à haute pression 7 établit une pression élevée dans l'accumulateur de haute pression 8.
25 Usuellement, dans un système de dosage de carburant pour un moteur thermique à allumage commandé, on a des valeurs de pression allant de 30 à 200 bars et dans le cas d'un moteur thermique à auto-allumage on a des valeurs de pression de l'ordre de 1 000 à 2 000 bars dans l'accumulateur à haute pression 8. Les injecteurs à haute pression 10
30 permettent d'injecter du carburant à haute pression dans les chambres de combustion des cylindres du moteur thermique.

La soupape de dosage 5 permet de réguler la pression dans la plage haute pression. Suivant la tension appliquée à la bobine 12 ou le courant qui traverse la bobine 12, la soupape de dosage 5 règle des débits
35 différents pour la pompe à haute pression 7.

La régulation de la pression de stockage p_r dans la plage à haute pression peut également se faire à l'aide d'autres organes de réglage. En variante de la soupape de dosage 5, on a une pompe électrique

d'alimentation à débit réglable ou encore une soupape de limitation de pression commandée également par une bobine électromagnétique.

Les signaux de commande A des injecteurs à haute pression 10 dépendent de la pression de stockage p_r et de la quantité de carburant à injecter. La quantité de carburant à injecter se règle en fonction de la durée d'ouverture t_i des injecteurs à haute pression 10. Comme le débit à travers les injecteurs à haute pression 10 dépend de la pression de stockage p_r dans l'accumulateur à haute pression 8, il faut intégrer celle-ci dans le calcul de la durée d'ouverture t_i . Le calcul des signaux de commande A se fait en fonction du régime à intervalle de temps variable. L'intervalle de temps compris entre les différents calculs dépend du régime (n) du moteur thermique. Le calcul du signal de commande de la soupape de dosage 5 se fait selon un intervalle de temps fixe.

Suivant l'état de la technique, on calcule la durée d'ouverture t_i des injecteurs à haute pression 10, c'est-à-dire le signal de commande A directement à partir des valeurs p_r mesurées. Comme l'injection peut se faire théoriquement à des instants relativement avancés par exemple à 240° avant le point mort haut (PMH) de la phase d'allumage, il faut que la durée d'ouverture t_i des injecteurs à haute pression 10, calculée pour une injection, soit disponible déjà à cet instant avancé. Il en résulte que pour une injection relativement retardée par exemple à 340° avant le point d'allumage haut, la durée d'ouverture t_i , calculée pour les injecteurs haute pression 10 se fait sur la base de valeurs de pressions p_r mesurées et qui sont relativement anciennes.

Pour permettre de déterminer aussi précisément que possible la masse de carburant à injecter par les injecteurs à haute pression 10 dans des chambres de combustion du moteur thermique, la présente invention propose de calculer la durée d'ouverture t_i des injecteurs à haute pression 10 sur la base d'une valeur de pression corrigée p_{r_corr} . La valeur de pression corrigée p_{r_corr} donne à l'instant de l'injection, de manière très précise, la pression de stockage p_r qui règne effectivement dans l'accumulateur à haute pression 8. La correction de la pression de stockage p_r se fait en tenant compte d'un modèle de pulsation de la pression de stockage p_r . Le modèle de pulsation voir figure 2 dépend de la coopération des différents composants du système de dosage de carburant, notamment de la pompe à haute pression 7 utilisée. Pour un débit F de carburant dans l'accumulateur de pression 8 fourni par la pompe à haute pression 7, la pression de stockage p_r augmente. Lors d'une injection de

carburant E dans l'une des chambres de combustion du moteur thermique, la pression de stockage p_r diminue.

La figure 3 donne un ordinogramme du procédé selon l'invention. Le procédé commence par le bloc fonctionnel 30. Dans le bloc
5 fonctionnel 31 suivant on utilise l'équation :

$$m_r = \frac{\epsilon_{Kr} \cdot \rho_{Kr} \cdot V_r}{\epsilon_{Kr} + p_0 - p_r}$$

pour déterminer la masse de carburant m_r contenue dans
10 l'accumulateur de pression 8 ; dans cette formule ϵ_{Kr} est le module de compression du carburant à injecter ; ρ_{Kr} est la densité du carburant ; V_r est le volume de l'accumulateur de pression 8 et p_0 est la pression ambiante ; p_r représente la pression de stockage moyenne mesurée.

Ensuite, dans un bloc d'interrogation 32 on détermine si
15 l'injection à effectuer directement avec le carburant dans la chambre de combustion du moteur thermique est la première injection E après une alimentation F fournie par la pompe à haute pression 7 ; en d'autres termes, de manière plus précise, il s'agit de savoir si le début de l'injection (ESB) de l'injection E à effectuer est la première injection E après le débit
20 F. Cette injection E est représentée à la figure 2a en étant caractérisée par un cercle. Au cas où l'injection E à effectuer est la première injection E après le débit F, on détermine dans un bloc fonctionnel 33, une valeur supérieure de la pression de stockage p_{haut} à l'aide de l'équation de compression

25

$$p_{haut}(m) = p_0 + \epsilon_{Kr} \cdot \left(1 - \rho_{Kr} \cdot \frac{V_r}{m} \right)$$

pour $m = m_r + m_{ES}$; dans cette formule m_{ES} est la masse de carburant à injecter dans la chambre de combustion. De plus, on détermine
30 dans un bloc fonctionnel 34 en aval et en appliquant l'équation

$$p_{r_{corr}} = p_r + \frac{p_{haut} - p_r}{2}$$

une valeur corrigée de la pression de stockage $p_{r_{corr}}$.

Au cas où l'injection E à effectuer n'est pas la première injection E après un débit F, on vérifie dans un bloc d'interrogation 35 si l'injection à effectuer de manière imminente du carburant dans la chambre de combustion est la seconde ou autre injection E après un débit F de la pompe à haute pression 7. Cette injection E est entourée d'un cercle à la figure 2e pour la distinguer. Si le critère d'interrogation est satisfait, on détermine dans un bloc fonctionnel 36, une autre valeur de la pression de stockage p_{bas} à l'aide de l'équation de compression suivante :

$$p_{bas}(m) = p_o + \varepsilon_{Kr} \cdot \left(1 - \rho_{Kr} \cdot \frac{V_r}{m} \right)$$

pour $m = m_r - m_{ES}$; dans cette formule m_{ES} est la masse de carburant à injecter dans la chambre de combustion. Ensuite, dans un bloc fonctionnel 37 et en appliquant l'équation suivante

$$p_{r_{corr}} = p_r + \frac{p_{bas} - p_r}{2}$$

on détermine une valeur corrigée pour la pression de stockage $p_{r_{corr}}$.

Si l'injection E à effectuer n'est ni la seconde ni une autre injection E après un débit F on peut supposer que l'injection E se fait pendant un débit F de la pompe à haute pression 7. Cette injection E est entourée à la figure 2c d'un cercle pour la distinguer. Une injection E pendant un débit F modifie le modèle impulsif caractéristique de la pression de stockage p_r .

La figure 2c montre le tracé usuel du modèle de pulsation provoqué par un débit F. Mais comme en même temps que le débit F on a une injection E, la pression de stockage ne peut être plus élevée comme représentée en trait interrompu. Dans ce cas, le bloc fonctionnel 38 détermine une valeur supérieure de la pression de stockage p_{haut} à l'aide de l'équation de compression

$$p_{haut}(m) = p_o + \varepsilon_{Kr} \cdot \left(1 - \rho_{Kr} \cdot \frac{V_r}{m} \right)$$

pour $m = m_r + m_{ES}$. Dans cette formule m_{ES} est la masse de carburant à injecter dans la chambre de combustion.

Ensuite, avec le bloc fonctionnel 39 et en appliquant l'équation

$$P_{r_{corr}} = P_r + \frac{P_{haut} - P_r}{4}$$

5

on détermine une valeur corrigée de la pression de stockage $p_{r_{corr}}$.

La valeur corrigée de la pression $p_{r_{corr}}$ de la pression de stockage est alors utilisée dans le bloc fonctionnel 40 pour calculer la durée d'ouverture t_i des injecteurs 10.

10

Le procédé selon l'invention permet de calculer d'une manière particulièrement précise la durée d'ouverture t_i des injecteurs 10, ce qui se traduit par une amélioration significative du comportement à l'émission (gaz de rejet), du développement du bruit et de la consommation de carburant du moteur thermique.

15

REVENDEICATIONS

1°) Procédé de mise en œuvre d'un moteur thermique, notamment à injection directe, selon lequel le carburant est débité par au moins une pompe (3, 7) dans un accumulateur de pression (8) d'où le carburant est extrait
 5 pour être injecté par un injecteur (10) dans une chambre de combustion, la durée d'ouverture (t_i) de l'injecteur (10) étant calculée en fonction de la pression de stockage (p_r) régnant dans l'accumulateur de pression (8), caractérisé en ce qu'
 on calcule la durée d'ouverture (t_i) en tenant compte d'un modèle de pul-
 10 sation périodique caractéristique du système de dosage de carburant (1) pour la pression de stockage (p_r).

2°) Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'
 15 on mesure la pression de stockage (p_r) avant l'injection (E) et on corrige cette pression de stockage mesurée (p_r) en tenant compte du modèle de pulsation de la pression de stockage (p_r).

3°) Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce qu'
 20 on corrige la pression de stockage (p_r) en fonction de ce que l'injection (E) du carburant dans la chambre de combustion est la première injection (E) après un débit par au moins une pompe (7), ou la seconde ou autre injection ultérieure (E) après un débit (F) d'au moins une pompe (7) ou se fait
 25 pendant un débit (F) d'au moins une pompe (7).

4°) Procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce que
 si l'injection (E) du carburant dans la chambre de combustion est la pre-
 30 mière injection (E) après un débit (F) d'au moins une pompe (7),
 - à partir de l'équation

$$m_r = \frac{\varepsilon_{kr} \cdot \rho_{kr} \cdot V_r}{\varepsilon_{kr} + p_o - p_r}$$

35 on détermine la masse de carburant (m_r) contenue dans l'accumulateur de pression (8), ε_{Kr} représentant le module de com-

- pression du carburant à injecter, ρ_{Kr} la densité du carburant, V_r le volume de l'accumulateur de pression (8) et p_0 la pression ambiante,
- on détermine une valeur supérieure de la pression de stockage (p_{haut}) à l'aide de l'équation de compression

5

$$P_{haut}(m) = p_0 + \epsilon_{kr} \cdot \left(1 - \rho_{kr} \cdot \frac{V_r}{m} \right)$$

- pour $m = m_r + m_{ES}$, relation dans laquelle m_{ES} est la masse de carburant à injecter dans la chambre de combustion et
- 10 - à l'aide de l'équation

$$P_{r_{corr}} = P_r + \frac{P_{haut} - P_r}{2}$$

on détermine une valeur corrigée de la pression de stockage ($p_{r_{corr}}$).

15

5°) Procédé selon l'une quelconque des revendications 3 ou 4, caractérisé en ce que

si l'injection (E) de carburant dans la chambre de combustion est la seconde ou toute autre injection (E) après un débit (F) d'au moins une pompe (7),

20

- à partir de l'équation :

$$m_r = \frac{\epsilon_{Kr} \cdot \rho_{Kr} \cdot V_r}{\epsilon_{Kr} + p_0 - P_r}$$

- 25 on détermine la masse de carburant (m_r) contenue dans l'accumulateur de pression (8), ϵ_{Kr} représentant le module de compression du carburant à injecter, ρ_{Kr} la densité du carburant, V_r le volume de l'accumulateur de pression (8) et p_0 la pression ambiante,
- on détermine une valeur inférieure de la pression de stockage (p_{bas}) à l'aide de l'équation de compression

30

$$P_{bas}(m) = p_0 + \epsilon_{Kr} \cdot \left(1 - \rho_{Kr} \cdot \frac{V_r}{m} \right)$$

- pour $m = m_r - m_{ES}$ dans laquelle m_{ES} est la masse de carburant à injecter dans la chambre de combustion et

35

- à l'aide de l'équation :

$$p_{r_{corr}} = p_r + \frac{p_{bas} - p_r}{2}$$

5 on détermine une valeur corrigée de la pression de stockage ($p_{r_{corr}}$).

6°) Procédé selon l'une quelconque des revendications 3 à 5, caractérisé en ce que

si l'injection (E) du carburant dans la chambre de combustion se fait pendant un débit (F) d'au moins une pompe (7),

- à partir de l'équation

$$m_r = \frac{\varepsilon_{Kr} \cdot \rho_{Kr} \cdot V_r}{\varepsilon_{Kr} + p_0 - p_r}$$

15 on détermine la masse de carburant (m_r) contenue dans l'accumulateur de pression (8), ε_{Kr} représentant le module de compression du carburant à injecter, ρ_{Kr} la densité du carburant, V_r le volume de l'accumulateur de pression (8) et p_0 la pression ambiante,

- on détermine une valeur supérieure de la pression de stockage (p_{haut})

20 à l'aide de l'équation de compression

$$p_{haut}(m) = p_0 + \varepsilon_{Kr} \cdot \left(1 - \rho_{Kr} \cdot \frac{V_r}{m}\right)$$

25 pour $m = m_r + m_{ES}$, relation dans laquelle m_{ES} est la masse de carburant à injecter dans la chambre de combustion et

- à l'aide de l'équation

$$p_{r_{corr}} = p_r + \frac{p_{haut} - p_r}{4}$$

30 on détermine une valeur corrigée de la pression de stockage ($p_{r_{corr}}$).

7°) Élément de commande, caractérisé en ce qu'il comprend une mémoire morte (ROM) ou mémoire flash pour un appareil de commande d'un moteur thermique, notamment à injection directe, contenant un programme

destiné à être exécuté par un appareil de calcul, notamment un microprocesseur, pour réaliser le procédé selon l'une des revendications 1 à 6.

8°) Moteur thermique, notamment à injection directe, comprenant :

- 5 – un accumulateur de pression (8),
- au moins une pompe (3, 7) pour débiter du carburant dans l'accumulateur de pression (8),
- une chambre de combustion,
- un injecteur (10) pour injecter le carburant de l'accumulateur de pression (8) dans la chambre de combustion et
- 10 – un appareil de commande (14) pour calculer la durée d'ouverture (t_i) de l'injecteur (10) en fonction de la pression de stockage (p_r) régnant dans l'accumulateur de pression (8),

caractérisé en ce que

- 15 l'appareil de commande (14) calcule la durée d'ouverture (t_i) en tenant compte d'un modèle de pulsation périodique de la pression de stockage (p_r) caractéristique du système de dosage de carburant (1).

9°) Moteur thermique selon la revendication 8,

- 20 caractérisé en ce que

l'accumulateur de pression (8) est un accumulateur de haute pression d'un système d'injection de carburant à rampe commune et l'injecteur (10) est un injecteur à haute pression.

- 25 10°) Moteur thermique selon l'une quelconque des revendications 8 ou 9, caractérisé en ce qu'
au moins une pompe (3, 7) est une pompe à haute pression à un cylindre.

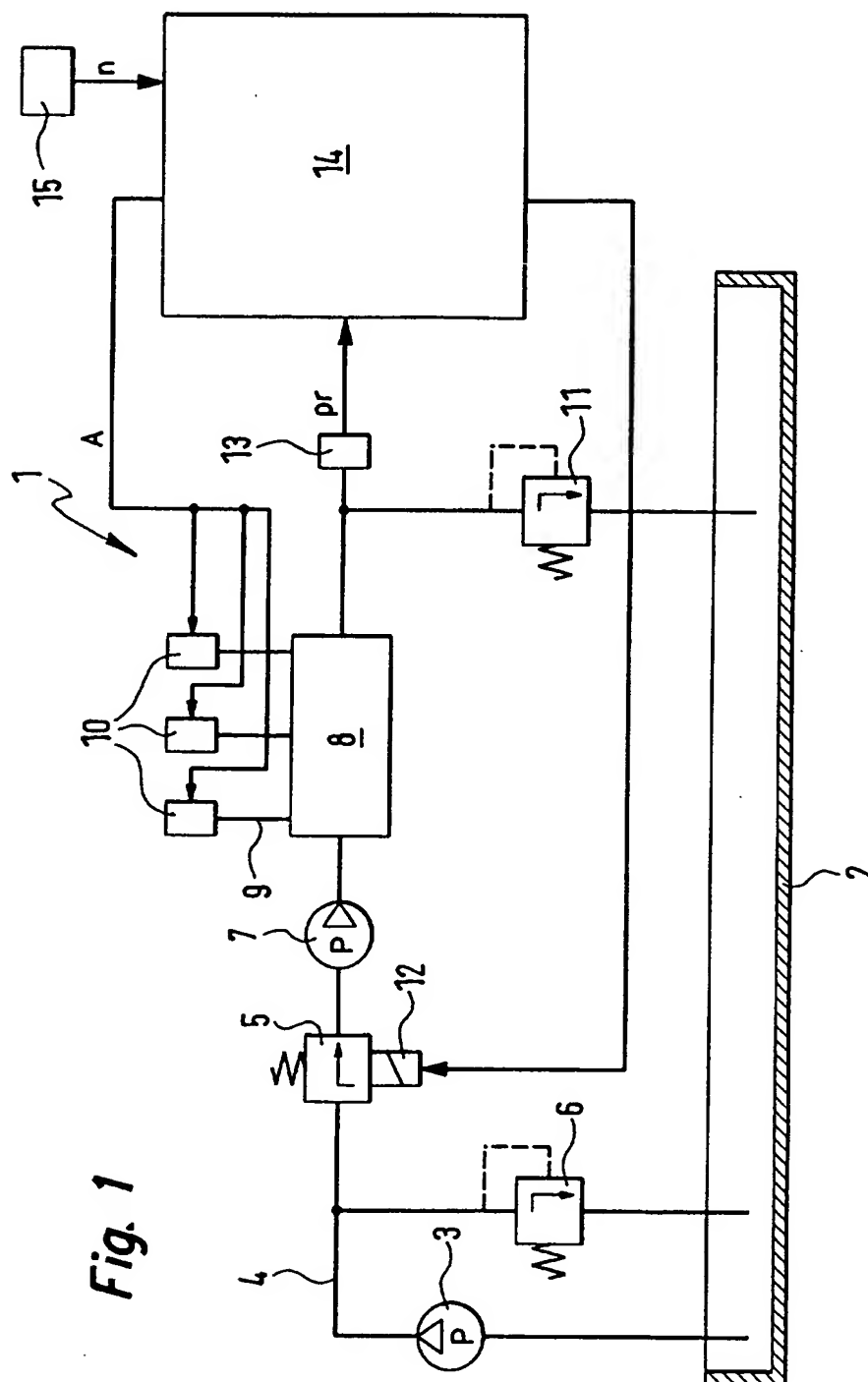
- 30 11°) Appareil de commande (14) pour un moteur thermique notamment à injection directe comprenant :

- un accumulateur de pression (8),
- au moins une pompe (3, 7) pour débiter du carburant dans l'accumulateur de pression (8),
- une chambre de combustion,
- 35 – un injecteur (10) pour injecter du carburant de l'accumulateur de pression (8) dans la chambre de combustion et

- cet appareil de commande (14) calculant la durée d'ouverture (t_i) de l'injecteur (10) en fonction de la pression de stockage (p_r) régnant dans l'accumulateur de pression (8),

caractérisé en ce que

- 5 l'appareil de commande (14) calcule la durée d'ouverture (t_i) en tenant compte d'un modèle de pulsation périodique de la pression de stockage (p_r) caractéristique du système de dosage de carburant (1).



2 / 4

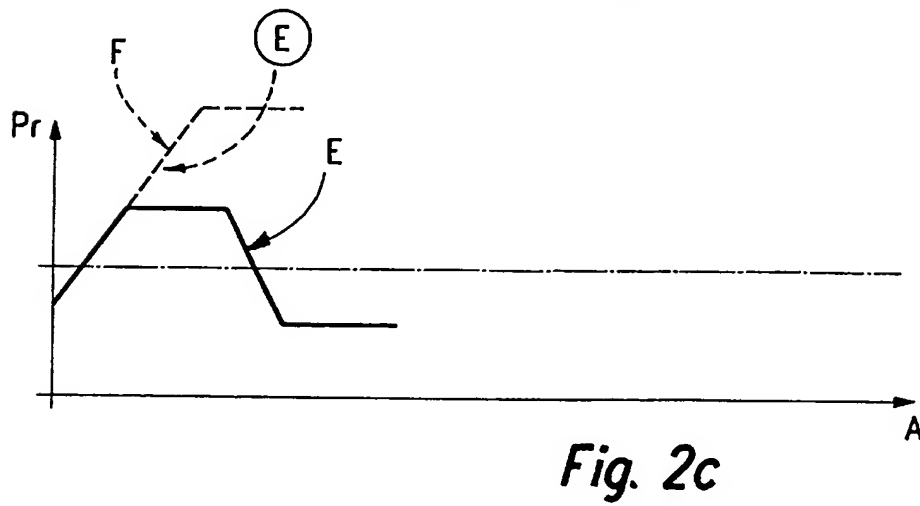
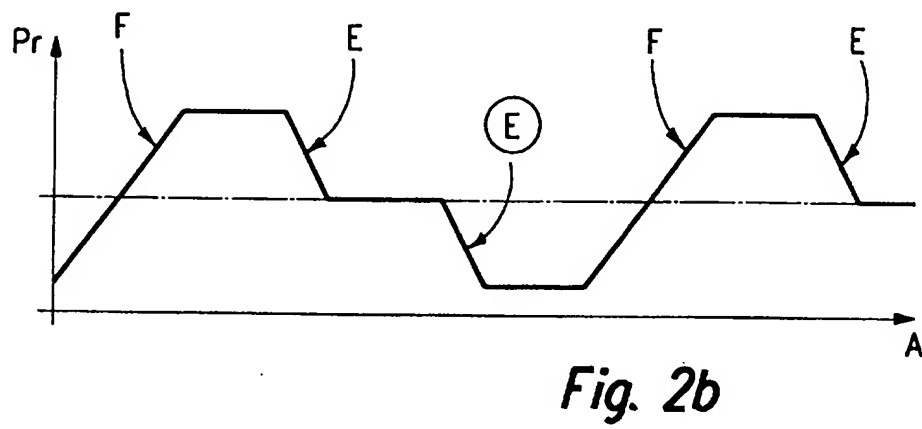
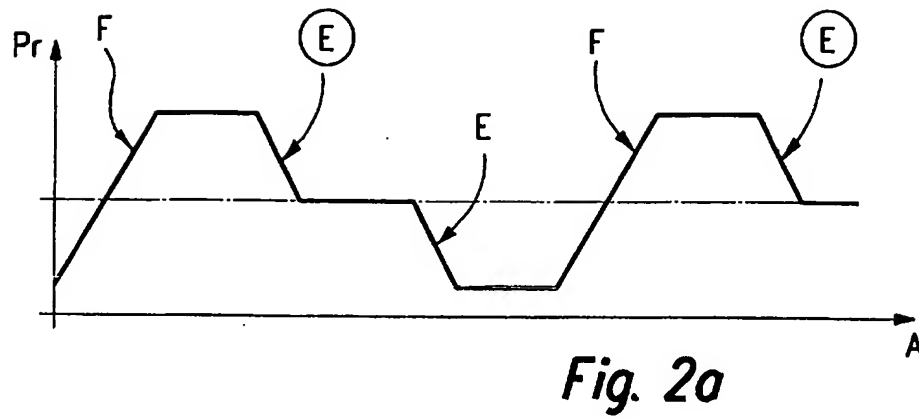
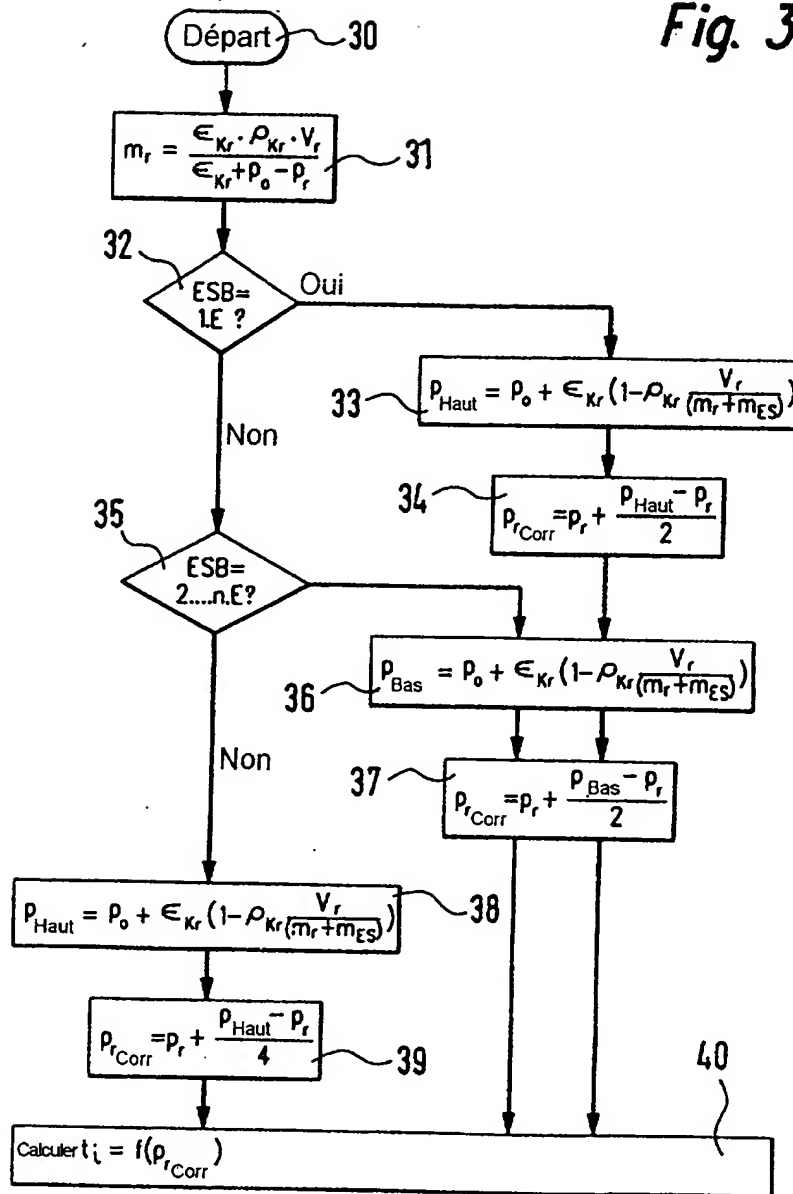
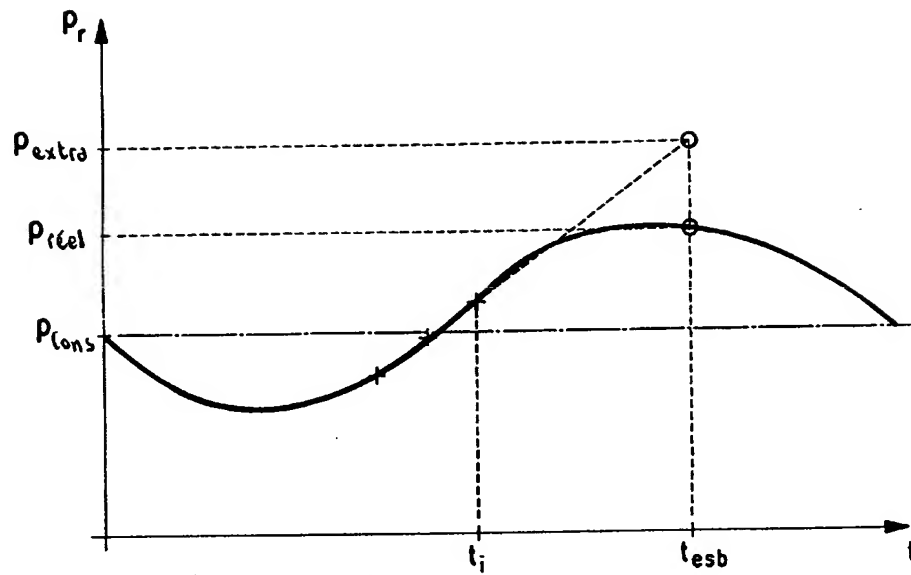
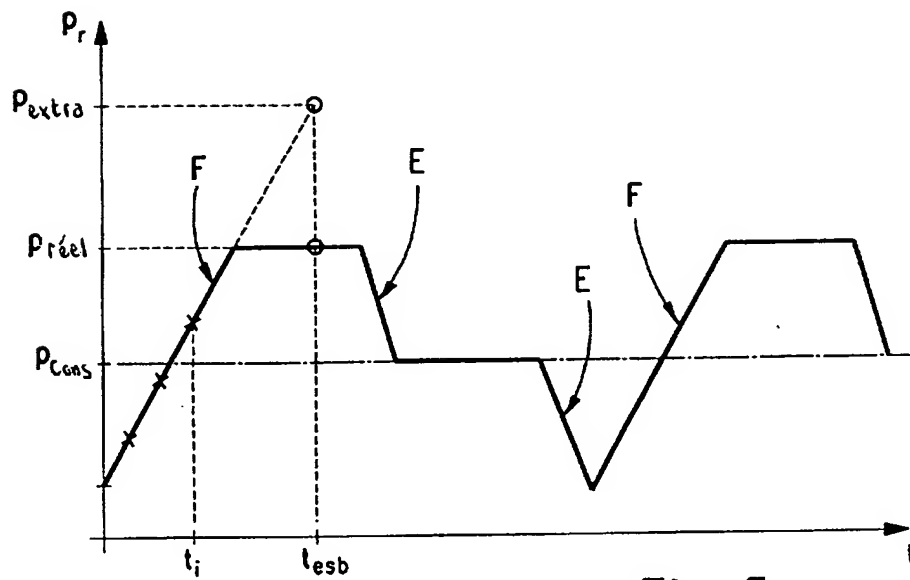


Fig. 3



*Fig. 4**Fig. 5*